зование, бизнес [Текст]: материалы Всерос. науч.-практ. конф. Ученых, преподавателей, аспирантов, студентов, специалистов пром-сти и связи, посвящ. коллегам в честь 50-летия радиотехн. фак. Ом.гос. техн. ун-та / А. Е. Цурпаль - Междунар. акад. наук высш. шк., 2011 – с. 222 -223.

5. Технический анализ порч, неисправностей и непланового ремонта электропоездов за 2008 год. Управление пригородных пассажирских перевозок Департамента пассажирских сообщений ОАО «РЖД», М.: 2009 г.

6. Просвирин, Б.К. Электропоезда постоянного тока с электрическим торможением[Текст] / Б.К. Просвирин – М.: Трансиздат, 2000 г. – 328 с.

7. Федюков, Ю. А., Режимы работы и диагностика вспомогательных машин электровозов переменного тока[Текст] / Ю.А. Федюков –Локомотив №7 – 2011 г. – с. 32-33.

УДК 629.4.027

В. Н. Костюков, А. Е. Цурпаль, В. В. Басакин (ОмГУПС),
А. В. Костюков, Д. В. Казарин, А. В. Зайцев (НПЦ «Динамика»)

АНАЛИЗ ВИБРАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ДИАГНОСТИКИ

В процессе эксплуатации подвижного состава в связи со спецификой его работы, а именно, непрерывной эксплуатацией с отрывом только на обслуживания и ремонты, наиболее слабые узлы являются лимитирующими для подвижного состава в целом. К ним в первую очередь относятся узлы электрического и механического оборудования, устранение неисправностей которых в процессе эксплуатации затруднено.

В практике имеется мнение, что обеспечение объективной диагностики технического состояния роторного механического оборудования подвижного состава в процессе эксплуатации сложно достижимо, а подчас невозможно, в связи с наличием большого числа помех, высокого уровня шумовых составляющих, сопутствующих взаимодействию колеса и рельсовой колеи.

Между тем, даже для достижения динамической ошибки на уровне 1%(для ответственного оборудования приемлемый уровень ошибки составляет

0,1%)требуется осуществлять диагностику с интервалом менее 2 часов[1-4], что может быть реализовано путем применения бортовых систем мониторинга технического состояния узлов подвижного состава.

Целью данной работы является оценка уровней параметров вибрации тяговых электродвигателей в процессе эксплуатации.

Для достижения поставленной цели в работе решены следующие задачи:

– разработана методика и создана экспериментальная установка для сбора информации о значениях параметров вибрации узлов электропоезда в движении;

– произведены экспериментальные исследования по записи сигналов вибрации в реальных условиях эксплуатации подвижного состава;

– произведен анализ параметров вибрации с тяговых электродвигателей.

Методика реализуется с помощью экспериментальной установки, отвечающей следующим требованиям:

– надежность работы установки при перепадах температуры, наличии повышенной вибрации, неустойчивости питающего напряжения;

– устойчивость датчиков вибрации к высоким динамическим нагрузкам, > 100g;

– высокие метрологические характеристики;

– возможность функционирования установки в режиме 24 часа в сутки, 7 дней в неделю, 365 дней в год при наличии питающего напряжения;

– минимальное вмешательство в конструкцию подвижного состава;

– автономная запись основных параметров вибрации, а также частоты вращения и параметров режима ведения поезда;

– архивирование с заданным интервалом времени значений вибропараметров в базы данных.

Структура, экспериментальной установки и схема размещения датчиков на узлах показана на рис. 1.

Установка датчиков вибрации производилась исходя из учета доступности для монтажа и максимальной жесткости конструкции в направлении оси датчика. Крепление датчика вибрации к тяговому электродвигателю осуществлялось согласно [5].

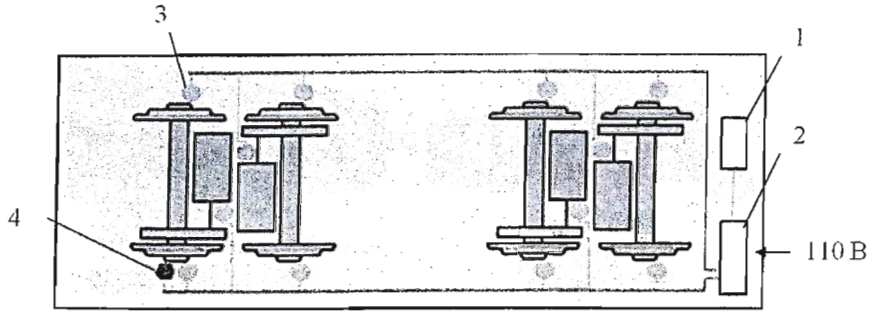

Рис. 1. Структурная схема размещения
экспериментальной установки на моторном вагоне:
1 – диагностический контроллер; 2 – программируемый интерфейсный модуль;
3 – датчик вибрации; 4 – датчик оборотов

Эксперимент проводился на нескольких электропоездах недавно введенных в эксплуатацию на разных участках дороги.

В результате получен массив данных свыше 10000 значений, характеризующих изменение параметров вибрации в процессе движения поезда, что обеспечивает ошибку выборки при доверительной вероятности 0,99 менее 1 %.

На основе первичного анализа данных установлено, что режимы работы тяговых электродвигателей в процессе эксплуатации крайне не стационарны, это связано с переменными скоростями и нагрузочными режимами.

Для анализа параметров вибрации полученные значения сгруппированы в 4 группы, соответствующих различным скоростным режимам: 0 – 30 км/ч, 30 – 60 км/ч, 60 – 90 км/ч, 90 – 120 км/ч. Для каждого скоростного режима построены эмпирические функции распределения значений параметров вибрации в режиме «выбег».

Эмпирические функции распределений значений параметров вибрации для тяговых электродвигателей для каждого скоростного диапазона аппроксимированы теоретическими функциями распределения Вейбулла-Гнеденко:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-x_0}{T_0}\right)^{\alpha}}, \qquad (1)$$

где α – параметр формы; T_0 – параметр масштаба; x_0 – параметр сдвига.

Аппроксимация проводилась согласно методике [6].

Ниже приведены эмпирические и теоретические функции распределения

параметров, характеризующих высокочастотную, среднечастотную и низкочастотную вибрацию тяговых электродвигателей для различных скоростных диапазонов в процессе эксплуатации, соответствующих параметрам виброускорение, виброскорость и виброперемещение(рис. 2 – 4).

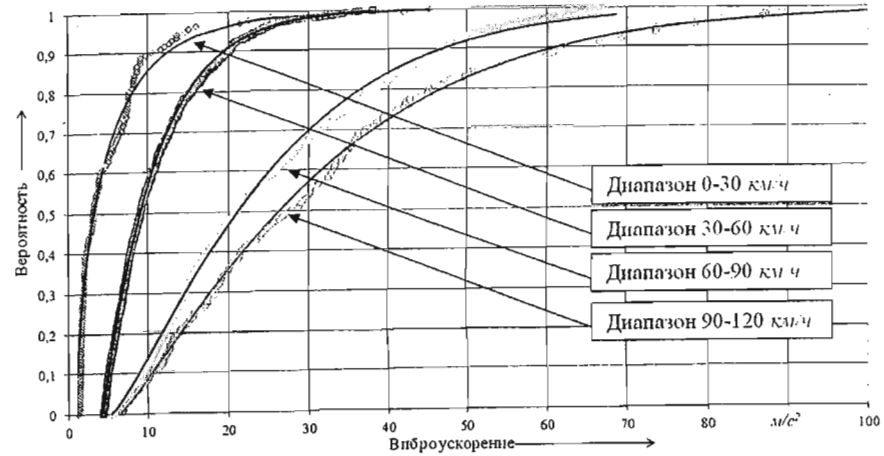

Рис. 2. Эмпирическая и теоретическая функции
распределения значений виброускорения

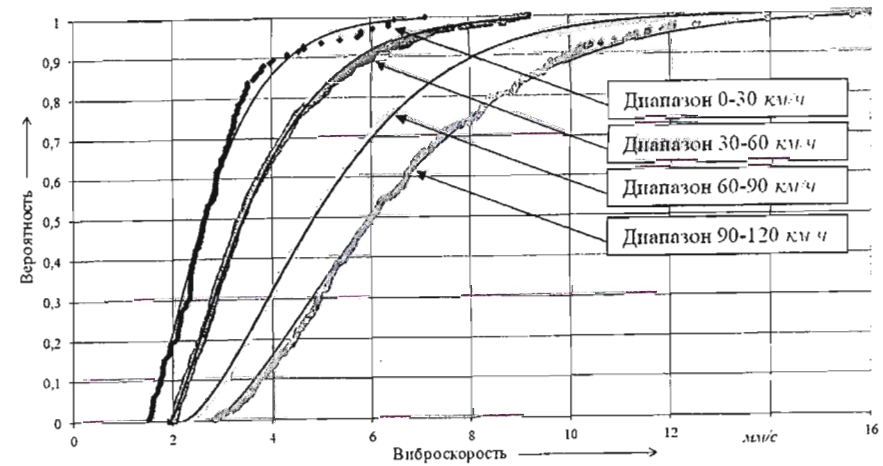

Рис. 3. Эмпирическая и теоретическая функции
распределения значений виброскорости

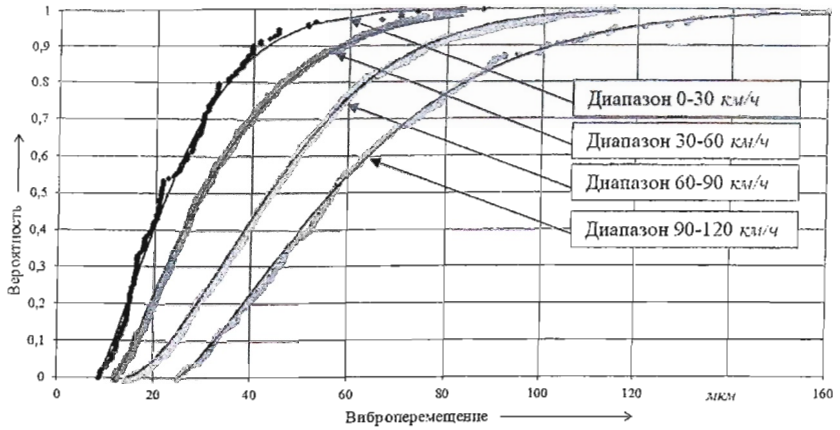

Рис. 4. Эмпирическая и теоретическая функции распределения значений виброперемещения

В табл. 1 приведены характеристики эмпирических функций распределения параметров вибрации[7].

Табл. 1. Характеристики эмпирических и теоретических функций распределения

Параметры вибрации	Скоростной диапазон, км/ч	Характеристики эмпирических функций распределения				Характеристики теоретических функций распределения			
		X_{min}	X_{max}	$M[X]$	S	a	T_0	X_0	R^2
Виброускорение, м/с²	0-30	1,22	38,03	5,35	6,30	0,75	3,75	0,91	0,95
	30-60	4,25	45,26	10,94	8,03	1,05	6,87	4,21	0,99
	60-90	5,36	68,69	20,69	14,46	1,24	21,25	5,33	0,99
	90-120	6,59	99,9	31,89	20,52	1,19	27,18	6,28	0,99
Виброскорость, мм/с	0-30	1,51	7,11	2,88	1,11	1,31	1,52	1,47	0,98
	30-60	1,95	9,19	3,79	1,52	1,25	1,98	1,94	0,99
	60-90	2,21	13,82	5,26	2,16	1,49	3,38	2,21	0,99
	90-120	2,82	16,72	6,57	2,58	1,41	4,17	2,74	0,98
Виброперемещение, мкм	0-30	8,60	87,23	25,26	13,51	1,36	18,78	8,09	0,97
	30-60	12,1	82,98	33,59	15,97	1,26	22,32	12,03	0,99
	60-90	14,42	115,0	47,13	20,62	1,63	36,64	14,37	0,99
	90-120	25,05	159,8	62,96	27,59	1,36	41,83	24,64	0,99

Исходя из полученных характеристик теоретической функции распределения видно, что распределения по своей форме близки к экспоненциальным. Это связано с большим количеством выбросов значений параметров вибрации из-за наличия высокого уровня динамических воздействий в процессе эксплуатации подвижного состава.

По графикам эмпирических функций распределений видно, что для различных скоростных режимов уровни значений параметров вибрации значительно отличаются. Значения параметра виброускорения изменяются от 1 до 100 м/с², значения виброскорости изменяются от 1 до 16 мм/с, значения виброперемещения изменяются от 10 до 160 мкм, кроме того следует отметить, что чем выше диапазон скоростей, тем большее рассеяние значений параметров вибрации наблюдается.

На рис. 5 – 7 представлены функциональные зависимости значений математических ожиданий и среднеквадратических отклонений параметров вибрации от скоростных диапазонов.

Рис. 5. Функциональные зависимости мат. ожидания и СКО виброускорения от скоростных диапазонов

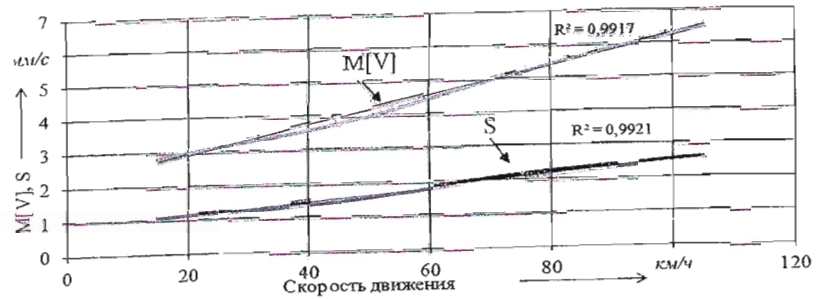

Рис. 6. Функциональные зависимости мат. ожидания и СКО виброскорости от скоростных диапазонов

По приведенным зависимостям видно, что значения математических ожиданий и среднеквадратических отклонений тем выше, чем выше диапазон скоростей. Зависимости данных параметров аппроксимируются линейной

функцией с достаточно высокой достоверностью (мера ЛиндераR^2составляет 0,95 – 0,99).

Рис. 7. Функциональные зависимости мат. ожидания и СКО виброперемещения от скоростных диапазонов

В результате установлены характеристики распределения параметров вибрации тяговых электродвигателей в процессе движения электропоезда в различных частотных полосах и скоростных диапазонах, определено влияние воздействий, формируемых от переменных скоростных и динамических режимов работы. Полученные результаты могут быть использованы для определения диагностических признаков неисправностей тяговых электродвигателей в процессе движения и способов уменьшения влияния внешних факторов на их значения.

Библиографический список

1. Костюков, В.Н. Безопасная ресурсосберегающая эксплуатация МВПС на основе мониторинга в реальном времени [Текст] /В. Н. Костюков, С. В. Сизов, В. П. Аристов, А. В. Костюков //Наука и транспорт. 2008. с. 8 - 13.

2. Сизов С. В. Непрерывный мониторинг состояния моторвагонного подвижного состава [Текст] / С. В. Сизов, В. П. Аристов, В. Н. Костюков, А. В. Костюков – Железнодорожный транспорт№6 – 2008. –с. 41 – 42.

3. Костюков, В. Н. Мониторинг безопасности производства [Текст] / В. Н. Костюков – М.: Машиностроение. 2002. 224 с.

4. Костюков, В. Н. Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин [Текст]: учеб. пособие / В. Н. Костюков, А.П. Науменко. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. – 360 с.

5. Стандарт ассоциации «Центробежные насосные и компрессорные агрегаты опасных производств. Эксплуатационные нормы вибрации» (СА 03-001-05). Серия 03 [Текст] / Колл. Авт. – М.: Издательство «Компрессорная и химическая техника», 2005. – 24 с.

6. Костюков А.В. Контроль и мониторинг технического состояния центробежного насосного агрегата по трендам вибропараметров [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.13 / А.В. Костюков. – Омск, 2006. – 203 с., РГБ ОД, 61:07-5/1517.

7. Закс Л. Статистическое оценивание [Текст] - М.: Статистика, 1976. – 598 с.

УДК 621.313.333

В. А. Лавринович, О. Л. Рапопорт, А. Б. Цукублин (ТПУ)

КОМПЛЕКСНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗА 2ЭС6

Отличительными особенностями электровоза 2ЭС6, созданного и выпускаемого ООО «Уральские локомотивы», являются: повышение мощности с одновременным уменьшением энергопотребления, применение современной технологии изготовления с использованием сборочных единиц и высокий уровень автоматизации управления и диагностики электровоза, основанной на широком использовании микропроцессорной техники. Для этого потребовались новые технические решения, в том числе в конструкции тяговых электродвигателей (ТЭД) и в силовой схеме электровоза, обеспечивающей работу этих электродвигателей.

Схема предусматривает возможность работы как с независимым возбуждением, являющимся основным, так и с последовательным возбуждением. Имеется два практически независимых канала управления: по току якоря и по току возбуждения. Это позволяет эффективно использовать режим рекуперации. Имеются и другие новые технические решения, которые отражены в различных публикациях и технических документах [1, 2].

Вместе с тем, первые годы эксплуатации электровозов 2ЭС6 показали наличие повышенного числа отказов по разным причинам, но в большей степени

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ОАО «Российские железные дороги»
Омский государственный университет
путей сообщения

Повышение эффективности эксплуатации коллекторных электромеханических преобразователей энергии

Омск 2013

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
ОАО «Российские железные дороги»
Омский государственный университет путей сообщения

ПОСВЯЩАЕТСЯ
110-летию со дня рождения профессора М. Ф. Карасева,
70-летию кафедры «Электрические машины и
общая электротехника» ОмГУПС

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОЛЛЕКТОРНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

Материалы IX международной
научно-технической конференции
(5, 6 декабря 2013 г.)

Омск 2013

УДК 621.313
ББК 31.261-01я7

Повышение эффективности эксплуатации коллекторных электромеханических преобразователей энергии: Материалы девятой международной научно-технической конференции / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2013. 400 с.

В материалы конференции вошли статьи с результатами исследований по вопросам совершенствования коллекторных электромеханических преобразователей энергии, посвященных коммутации и скользящему токосъему, перспективам развития и совершенствования эксплуатации тяговых электрических машин, диагностированию электромеханических преобразователей энергии, энергосбережению и энергоэффективности в электротехнических устройствах и системах.

Предназначено для научных и инженерно-технических работников и может быть полезно аспирантам, преподавателям и студентам электромеханических специальностей.

Библиогр. 276 назв. Табл. 47. Рис. 248.

Редакционная коллегия:
доктор техн. наук С. Г. Шантаренко (отв. редактор);
доктор техн. наук В. Д. Авилов (зам. отв. редактора);
канд. техн. наук Е. А. Третьяков (отв. секретарь);
доктор философии, доцент Ф. Веселка (г. Брно, Чешская Республика);
доктор техн. наук В. В. Харламов.

© Омский гос. университет путей сообщения, 2013

СОДЕРЖАНИЕ

Авилов В. Д. (ОмГУПС). Кафедра «Электрические машины и общая электротехника» (2003 – 2013 гг.) 8

Коммутация и скользящий токосъем в электромеханических преобразователях энергии

Авилов В. Д. (ОмГУПС), Веселка Ф. (ТУ Брно, Чехия). Коммутация в тяговых двигателях с новым скользящим контактом 12

Байсадыков М. Ф. (ОмГУПС). К вопросу о надежности работы контакта щетки с коллектором в электрических машинах 19

Байсадыков М. Ф. (ОмГУПС). Методика применения микроскопа для анализа порошковых частиц и обработка результатов измерений 23

Баранski М. (Институт исследований и испытаний электрических машин, Польша). Typical mistakes during the thermography measurement of electrical machines 29

Беспалов В. Я., Панихин М. В. (МЭИ). Математическая модель процесса коммутации в коллекторных машинах переменного тока 36

Бормотов В. А. (ТИЖТ). Разработка модели нестандартного электродвигателя в рамках научно-исследовательской деятельности студентов 45

Бугай Ю. М. (Зап.-Сиб. ж. д. – филиал ОАО «РЖД»), Гателюк О. В. (ОмГУПС). Применение непараметрических методов математической статистики при изучении вопросов коммутации и энергоэффективности 50

Веселка Ф. (ТУ Брно, Чехия). Перспективы развития электрических машин со скользящим контактом с применением тефлона 59

Веселка Ф. (ТУ Брно, Чехия), Забоин В. Н. (СПбГПУ). Гранулометрический анализ пылевидных продуктов износа электрических щеток 67

Веселка Ф. (ТУ Брно, Чехия), Сидоров О. А., Филиппов В. М. (ОмГУПС). К вопросу о снижении износа и повышении ресурса контактных вставок городского электрического транспорта 76

Гимаев С. Р., Сулейманов Р. Я. (УрГУПС). Повышение коммутационной устойчивости тяговых электродвигателей постоянного тока 81

Глинка Т., Пистелок П., Полак А., Поправски В. (Институт исследований и испытаний электрических машин, Польша). Асинхронные двигатели для тяговых приводов 88

Изотов А. И., Изотов С. А., Прокошев Д. К. (ВятГУ). О влиянии механических факторов на уровень радиопомех в коллекторных машинах переменного тока 95

Качин О. С., Качин С. И. (ТПУ). Учет влияния профиля коллектора и вибраций подшипниковых узлов на процесс коммутации 100

Петров П. Г. (ОмГУПС). Вольт-амперная характеристика щеточного контакта 105

Петров П. Г. (ОмГУПС). Исследование износостойкости щеток электрических машин 113

Полак А. (Институт исследований и испытаний электрических машин, Польша). Тестирование технического состояния изоляции электрических машин с использованием постоянного тока 120

Тимошенко В. Н., Изотов А. И. (ВятГУ). Снижение износов элементов узлов токосъема за счет применения смазывающих щеток 128

Фоминых А. А., Изотов А. И. (ВятГУ). Оценка влияния материала контактных поверхностей на износ токоведущих щеток узлов скользящего токосъема электроподвижного состава 132

Эксплуатация и техническое обслуживание тяговых электрических машин подвижного состава. Диагностирование и мониторинг электромеханических преобразователей энергии

Авилов В. Д., Попов Д. И., Литвинов А. В. (ОмГУПС). Модернизированный стенд для испытания асинхронных двигателей методом взаимной нагрузки 137

Афонин А. П., Харламов В. В., Шкодун П. К. (ОмГУПС). Диагностический комплекс для определения технического состояния коллекторных электродвигателей 141

Ахунов Д. А., Харламов В. В., Шкодун П. К., Кузнецов В. Ф. (ОмГУПС). Выбор диагностических параметров для оценки состояния профиля коллектора машин постоянного тока 147

Бакланов А. А., Есин Н. В., Мурзин Д. В., Шиляков А. П. (ОмГУПС). Тенденция развития тягового электропривода электроподвижного состава железных дорог 156

Долгова А. В., Сергеев Р. В., Харламов В. В., Шкодун П. К. (ОмГУПС). Формирование алгоритма диагностических процедур в процессе ремонта тяговых электродвигателей 167

Дорохина Е. С., Хорошко А. А. (ТПУ). Математическая модель для автоматической регистрации теплового состояния электродвигателей постоянного тока 175

Дульский Е. Ю. (ИрГУПС). Моделирование режимов ИК-энергоподвода в технологии продления ресурса тяговых электрических машин методом конечных элементов 181

Иванов П. Ю. (ИрГУПС). Совершенствование методов непрерывного контроля и прогнозирования долговечности изоляции асинхронных вспомогательных машин 187

Каландров Х. У. (ЧГУ им. И. Н. Ульянова). Диагностирование силовых трансформаторов Согдийских электрических сетей Республики Таджикистан . 197

Костюков В. Н. (ОмГУПС), Костюков А. В. (НПЦ «Динамика»), Бурда А. Е. (ОмГТУ). Исследование параметров частичных разрядов в изоляции обмоток статоров асинхронных электродвигателей 201

Костюков В. Н., Цурпаль А. Е. (ОмГУПС), Костюков А. В., Казарин Д. В. (НПЦ «Динамика»). Диагностирование электромашинного преобразователя электропоезда постоянного тока по параметрам спектра трехфазного переменного тока 207

Костюков В. Н., Цурпаль А. Е., Басакин В. В. (ОмГУПС), Костюков А. В., Казарин Д. В., Зайцев А. В. (НПЦ «Динамика»). Анализ вибрационной активности тяговых электродвигателей электропоездов для целей диагностики 214

Лавринович В. А., Рапопорт О. Л., Цукублин А. Б. (ТПУ). Комплексные исследования тяговых электродвигателей электровоза 2ЭС6 221

Макаров В. В., Худоногов А. М., Лыткина Е. М., Дульский Е. Ю., Гарев Н. Н., Иванов П. Ю. (ИрГУПС). Проектирование и создание лаборатории «Надежность и долговечность тяговых электрических машин» 225

Мельк В. О., Смирнов В. А. (ОмГУПС). Совершенствование средств и методов испытаний электрических машин ЭПС 231

Научное издание

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ
КОЛЛЕКТОРНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ЭНЕРГИИ

Материалы IX международной
научно-технической конференции
(5, 6 декабря 2013 г.)

---

* * *
Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 27.11.2013. Формат 60 × 84 $^{1}/_{16}$.
Плоская печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 24,56. Уч.-изд. л. 25,06.
Тираж 300 экз. Заказ 679.

* *

Типография ОмГУПСа

*

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35